

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-340764  
(43)Date of publication of application : 10.12.1999

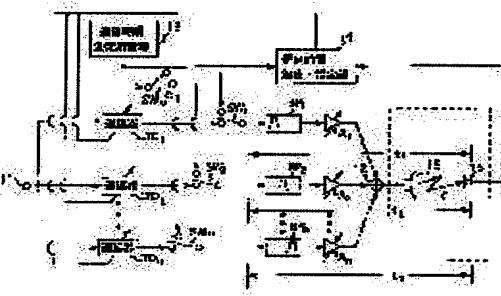
(51)Int.Cl. H03G 5/16  
H03G 5/02

## **(54) GRAPHIC EQUALIZER**

**(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a graphic equalizer capable of adjusting a phase difference for each frequency band generated before reaching a listening point and reproducing music by further higher sound quality.

**SOLUTION:** A delay time calculating/setting part 14 controls switches SW0–SWn so as to successively input signals for delay time measurement outputted from a sound source 13 for delay time measurement to band-pass filters BP1–BPn. Then, the time after inputting the signals from the sound source 13 for the delay time measurement until inputting sound detection signals from a microphone 16 is measured, delay time for each frequency band is calculated and the delay amount of delay devices TD1–TDn is set based on the result.



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-340764

(43)公開日 平成11年(1999)12月10日

(51)Int.Cl.<sup>a</sup>  
H 03 G 5/16  
5/02

識別記号

F I  
H 03 G 5/16  
5/02

E  
B

審査請求 未請求 請求項の数 6 OL (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平10-149063

(22)出願日 平成10年(1998)5月29日

(71)出願人 000101732  
アルバイン株式会社  
東京都品川区西五反田1丁目1番8号

(72)発明者 伊勢 友彦  
東京都品川区西五反田1丁目1番8号 ア  
ルバイン株式会社内

(72)発明者 齊藤 望  
東京都品川区西五反田1丁目1番8号 ア  
ルバイン株式会社内

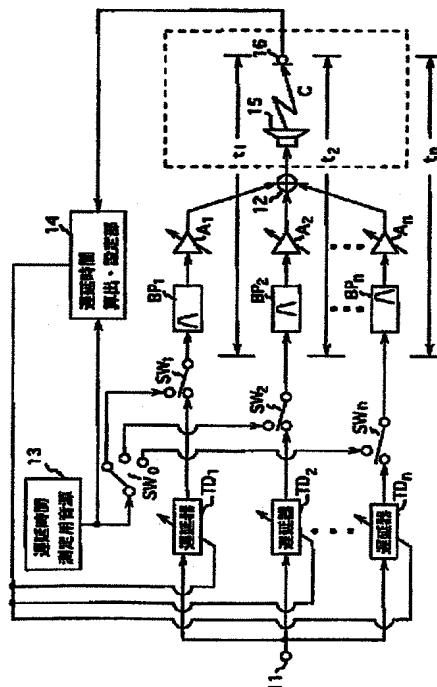
(74)代理人 弁理士 岡本 啓三

(54)【発明の名称】 グラフィックイコライザ

(57)【要約】

【課題】 リスニングポイントに到達するまでに生じる周波数帯域毎の位相差を調整でき、音楽をより一層高音質で再生可能とするグラフィックイコライザを提供する。

【解決手段】 遅延時間算出・設定部14は、遅延時間測定用音源13から出力される遅延時間測定用信号がバンドパスフィルタBP1～BPnに順次入力されるようにスイッチSW0～SWnを制御する。そして、遅延時間測定用音源13から信号を入力してから、マイクロプロセッサー16から音検出信号を入力するまでの時間を測定し、各周波数帯域毎の遅延時間を算出して、その結果に基づいて、遅延器TD1～TDnの遅延量を設定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 オーディオ信号入力端子と、前記オーディオ信号入力端子を介して入力されたオーディオ信号をそれぞれ設定された時間だけ遅延して出力する複数の遅延器と、各遅延器にそれぞれ対応して設けられた複数のバンドパスフィルタと、遅延時間測定用信号を出力する遅延時間測定用音源と、前記複数のバンドパスフィルタの入力を切換えて前記遅延時間測定用音源の出力又は対応する遅延器の出力に接続する切換え手段と、前記複数のバンドパスフィルタから出力される信号を加算してスピーカーに供給する加算器と、前記スピーカーから出力された音を検出する音検出手段に接続され、前記複数の遅延器の信号遅延量を個別に設定する遅延時間設定手段とを有することを特徴とするグラフィックイコライザー。

【請求項2】 前記切換え手段は、各バンドパスフィルタの入力を前記遅延時間測定用音源の出力と順次接続し、

前記遅延時間設定手段は、前記遅延時間測定用音源から前記遅延時間測定用信号が输出されてから、前記音検出手段により音が検出されるまでの時間を測定して遅延時間を算出し、その結果に基づいて前記遅延器の信号遅延量を設定することを特徴とする請求項1に記載のグラフィックイコライザー。

【請求項3】 前記遅延時間設定手段は、各バンドパスフィルタを通過する周波数帯域毎に前記遅延時間を算出し、それらの遅延時間のうち最も長いものを基準としてその他の遅延時間との差分を算出し、算出された差分値を各バンドパスフィルタに対応する遅延器の信号遅延量として設定することを特徴とする請求項2に記載のグラフィックイコライザー。

【請求項4】 前記遅延時間測定用音源は前記遅延時間測定用信号としてホワイトノイズを出力し、前記遅延時間設定手段は、前記遅延時間測定用音源から入力される信号と前記音検出手段から入力される信号との相互相関が最大となる時間を算出して、各バンドパスフィルタを通過する周波数帯域毎の前記遅延時間を求めることを特徴とする請求項2に記載のグラフィックイコライザー。

【請求項5】 前記遅延時間測定用音源は前記遅延時間測定用信号としてホワイトノイズを出力し、前記遅延時間設定手段は、前記遅延時間測定用音源から入力される信号と前記音検出手段から入力される信号との誤差信号のパワーが最小となるように適応処理を行う適応フィルタを有し、該適応フィルタのフィルタ係数に基づいて各バンドパスフィルタを通過する周波数帯域毎の前記遅延時間を求めることを特徴とする請求項2に記載のグラフィックイコライザー。

【請求項6】 前記遅延時間測定用音源は前記遅延時間測定用信号としてタイムストレッチドパルスを出力し、前記遅延時間設定手段は、前記音検出手段から入力される信号に、前記タイムストレッチドパルスを時間軸上で反転した信号を畳み込み演算し、その畳み込み演算結果が最大となる時間を算出することにより、各バンドパスフィルタを通過する周波数帯域毎の前記遅延時間を求めることを特徴とする請求項2に記載のグラフィックイコライザー。

## 10 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、オーディオシステムのグラフィックイコライザーに関し、特に周波数帯域毎に遅延時間をコントロールする機能を備えたグラフィックイコライザーに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、カーオーディオシステムにおいてグラフィックイコライザーが広く使用されている。グラフィックイコライザーは、可聴周波数を複数の帯域に分割し、各周波数帯域毎にレベルを調整可能とした装置である。グラフィックイコライザーにより、オーディオ装置の周波数特性をフラットに補正したり、ユーザの好みに合わせた特性に調整することができる。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 従来のグラフィックイコライザーは、単に、オーディオ信号を複数の周波数帯域に分割して各周波数帯域の増幅率を任意に設定可能としたものであり、各周波数帯域の位相の変化については考慮されていない。しかし、本願発明者らの実験の結果、1つのスピーカーから出力された音であっても周波数帯域毎にリスニングポイント（聴取位置）に到達するまでの時間が異なることが判明している。すなわち、1つのスピーカーから出力された音であっても、リスニングポイントに到着するまでに周波数帯域によって位相差が生じ、音質劣化の原因となっている。各周波数帯域の遅延量（位相差）はスピーカーに固有であり、スピーカーを変えると周波数帯域毎の遅延量も変化する。

【0004】 以上から本発明の目的は、リスニングポイントに到達するまでに生じる周波数帯域毎の位相差を調整でき、音楽をより一層高音質で再生可能としたグラフィックイコライザーを提供することである。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 上記した課題は、オーディオ信号入力端子と、前記オーディオ信号入力端子を介して入力されたオーディオ信号をそれぞれ設定された時間だけ遅延して出力する複数の遅延器と、各遅延器にそれぞれ対応して設けられた複数のバンドパスフィルタと、遅延時間測定用信号を出力する遅延時間測定用音源と、前記複数のバンドパスフィルタの入力を切換えて前記遅延時間測定用音源の出力又は対応する遅延器の出力

に接続する切換え手段と、前記複数のバンドパスフィルタから出力される信号を加算してスピーカーに供給する加算器と、前記スピーカーから出力された音を検出する音検出手段に接続され、前記複数の遅延器の信号遅延量を個別に設定する遅延時間設定手段とを有することを特徴とするグラフィックイコライザーにより解決する。

【0006】この場合、前記切換え手段は、各バンドパスフィルタの入力を前記遅延時間測定用音源の出力と順次接続し、前記遅延時間設定手段は、前記遅延時間測定用音源から前記遅延時間測定用信号が output されてから、前記音検出手段により音が検出されるまでの時間を測定して遅延時間を算出し、その結果に基づいて前記遅延器の信号遅延量を設定するものであることが好ましい。

【0007】以下、本発明の作用について説明する。本発明のグラフィックイコライザーにおいては、遅延時間測定用音源を有し、切換え手段により複数のバンドパスフィルタのうちの1つを遅延時間測定用音源に接続する。そして、遅延時間測定用音源から出力された遅延時間測定用信号を当該バンドパスフィルタに入力し、所定の周波数帯域の信号のみを通過させた後にスピーカーに供給して、スピーカーから音を放出させる。スピーカーから放出された音は、空気中を伝播してリスニングポイントに配置された音検出手段に到達し、音検出手段により検出される。遅延時間設定手段は、遅延時間測定用音源から遅延時間測定用信号が output されてから音検出手段により音が検出されるまでの時間を計測して遅延時間を算出する。各バンドパスフィルタについて、上記のように遅延時間を算出し、その結果に基づいて、各遅延器の信号遅延量を個別に設定する。

【0008】これにより、各周波数帯域（バンドパスフィルタの通過周波数帯域）毎に遅延時間が調整されて、リスニングポイントに到達するときに各周波数帯域の位相が同じになる。従って、渦りのない高品質の音楽再生が可能になる。遅延時間設定手段は、各バンドパスフィルタを通過する周波数帯域毎に算出した遅延時間のうち最も長い遅延時間を基準とし、その他の遅延時間との差分を算出して、その差分値を各バンドパスフィルタに対応する遅延器での信号を遅延する時間とする。この場合、遅延時間が最も長い周波数帯域のバンドパスフィルタに対応する遅延器は、信号遅延量が0となる。

【0009】なお、遅延時間設定手段は、遅延時間測定用音源としてホワイトノイズを用い、遅延時間測定用音源から入力される遅延時間測定用信号と、音検出手段から入力される信号との相互相関が最大となる時間により遅延時間の算出を行うことが好ましい。スピーカーから出力される音は、スピーカーから音検出手段までの伝播特性によって波形が歪むが、相互相関が最も高い値を有する音波を受信した時点が到達時間と考えられるため、相互相関の最大値を検出することにより、音検出手段に音が到達するまでの遅延時間を正確に算出することがで

きる。

【0010】また、遅延時間設定手段は、遅延時間測定用音源としてホワイトノイズを用い、遅延時間測定用音源から入力される遅延時間測定用信号と、音検出手段から入力される信号との誤差信号のパワーが最小となるように適応処理を行う適応フィルタのフィルタ係数に基づいて遅延時間を算出するものであってもよい。適応フィルタのフィルタ係数は、音検出手段によって検出されるインパルス応答を再現しているため、このフィルタ係数が最大となる時間を検出することにより、音検出手段に音が到達するまでの遅延時間を正確に算出することができる。

【0011】更に、遅延時間設定手段は、遅延時間測定用音源としてタイムストレッチドバルスを用い、音検出手段から入力される信号に対して、タイムストレッチドバルスを時間軸上で反転した信号の畳み込み演算を行い、その畳み込み演算の結果が最大となる時間を検出するものであってもよい。このような畳み込み演算を行うことにより、音検出手段に音が到達するまでの遅延時間を正確に算出することができる。また、タイムストレッチドバルスは、インパルスの位相を周波数の2乗に比例して変化させることにより時間軸上で引き延ばされた信号であり、突発的なノイズによる影響を受けにくいという利点がある。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、添付の図面を参照して説明する。

（第1の実施の形態）図1は本発明の第1の実施の形態のグラフィックイコライザーを示すブロック図である。

【0013】本実施の形態のグラフィックイコライザーは、オーディオ入力端子11と、複数組（n組）の遅延器TD1～TDn、切換えスイッチSW1～SWn、バンドパスフィルタB P1～B Pn及び増幅器A1～Anと、各増幅器A1～Anの出力を加算する加算器12と、各周波数帯域毎の遅延時間を算出して各遅延器TD1～TDn毎に遅延時間を設定する遅延時間算出・設定部14と、遅延時間測定用信号を出力する遅延時間測定用音源13と、遅延時間測定用音源13の出力先を切換える切換えスイッチSW0により構成されている。そして、加算器12から出力される信号によりスピーカー15を駆動する。また、各周波数帯域毎の遅延時間測定時には、リスニングポイントにマイクロフォン16を配置し、スピーカー15から出力された音をマイクロフォン16で検出して遅延時間算出・設定部14に入力する。

【0014】オーディオ入力端子11には、チューナー又はCDプレーヤ等のオーディオ機器からオーディオ信号が入力される。このオーディオ入力端子11に入力されたオーディオ信号は、各遅延器TD1～TDnに同時に入力される。遅延器TD1～TDnは、いずれも遅延

時間算出・設定部14により設定された時間だけ信号を遅延して出力する。

【0015】遅延器TD1～TDnで遅延された信号は、切換えスイッチSW1～SWnを介してバンドパスフィルタB P1～B Pnに入力される。なお、切換えスイッチSW1～SWn及び切換えスイッチSW0は、いずれも遅延時間算出・設定部14により切換え制御される。バンドパスフィルタB P1～B Pnはそれぞれ通過周波数帯域が相互に異なっている。例えばバンドパスフィルタB P1は低音域の信号のみを通過し、バンドパスフィルタB P2はバンドパスフィルタB P1よりも若干高い周波数帯域の信号のみを通過し、バンドパスフィルタB Pnは高音域の信号のみを通過するというように、各バンドパスフィルタB P1～B Pnの通過周波数帯域は少しづつずれている。

【0016】増幅器A1～Anはそれぞれ前段のバンドパスフィルタB P1～B Pnを通過した所定周波数帯域の信号を増幅し、加算器12は各増幅器A1～Anから出力された各周波数帯域毎の信号を加算して出力する。なお、各増幅器A1～Anの増幅率はユーザーにより任意に変化できるようになっている。加算器12から出力された信号はスピーカー15に供給されて、スピーカーから音(音波)が放出される。

【0017】遅延時間測定用音源13は、遅延時間算出・設定部14により各遅延器TD1～TDnの遅延量(信号を遅延する時間:以下、同じ)を設定するときには遅延時間測定用信号を出力する。遅延時間測定用音源13から出力される遅延時間測定用信号は、遅延時間算出・設定部14に入力されるとともに、切換えスイッチSW0及び切換えスイッチSW1～SWnを介してバンドパスフィルタB P1～B Pnのいずれか1つに入力される。また、周波数帯域毎の遅延時間を検出し各遅延器TD1～TDnの遅延量を設定するときには、リスニングポジションにマイクロフォン16を配置し、マイクロフォン16と遅延時間算出・設定部14とを接続する。

【0018】(遅延時間設定時の動作)以下、本実施の形態のイコライザーにおいて、各遅延器TD1～TDnの遅延時間自動設定時の動作について説明する。まず、遅延時間算出・設定部14は、切換えスイッチSW0及び切換えスイッチSW1～SWnを制御して、遅延時間測定用音源13の出力とバンドパスフィルタB P1の入力を電気的に接続する。遅延時間測定用音源13から遅延時間測定用信号が出力されると、遅延時間測定用信号のうち所定の周波数成分のみがバンドパスフィルタB P1を通過し、増幅器A1により増幅されてスピーカー15に供給される。これにより、スピーカー15から音が出力され、空気中を伝播してリスニングポイントに配置したマイクロフォン16に到達する。マイクロフォン16は音を電気信号に変換し、音検出信号として遅延時間算出・設定部14に出力する。

【0019】遅延時間算出・設定部14は、遅延時間測定用音源13から遅延時間測定用信号を入力してから、マイクロフォン16から音検出信号を入力するまでの時間を測定し、遅延時間t1とする。次に、遅延時間算出・設定部14は、切換えスイッチSW0を切換えて、遅延時間測定用音源13の出力とバンドパスフィルタB P2の入力を電気的に接続する。遅延時間算出・設定部14から遅延時間測定用信号がOutputされると、遅延時間測定用信号のうち所定の周波数成分がバンドパスフィルタB P2を通過し、増幅器A2により増幅されて、スピーカー15に供給される。これにより、スピーカー15から音がOutputされ、その音がマイクロフォン16に到達すると音検出信号が遅延時間算出・設定部14に入力される。遅延時間算出・設定部14は、遅延時間測定用音源13から遅延時間測定用信号を入力してから音検出信号を入力するまでの時間を測定し、遅延時間t2とする。

【0020】このようにして、遅延時間算出・設定部14は、切換えスイッチSW0を順次切換えて、各バンドパスフィルタB P1～B Pnを通過した信号毎に遅延時間t1～tnを測定する。その後、遅延時間算出・設定部14は、これらの遅延時間t1～tnに基づいて、遅延器TD1～TDnの各遅延量を設定する。例えば、遅延時間t1が最も長いとすると、対応する遅延器TD1の遅延量を0とし、遅延器TD2の遅延量を(t2-t1)、…、遅延器TDnの遅延量を(tn-t1)というように設定する。

【0021】このようにして各遅延器TD1～TDnの遅延量を設定した後、遅延時間算出・設定部14は切換えスイッチSW1～SWnを切換えて、遅延器TD1～TDnとバンドパスフィルタB P1～B Pnとを電気的に接続する。これにより、リスニングポイントでは各周波数帯域毎の位相差が補正され、濁りのない高品質の音楽を聴取することができる。

【0022】ところで、遅延時間を測定するという観点からは、遅延時間測定用音源13から出力される遅延時間検出用信号は瞬間的なパルス信号(インパルス)であることが好ましい。しかし、瞬間的なパルス信号ではスピーカーを駆動することはできない。そこで、本実施の形態では、遅延時間検出用信号として、ホワイトノイズ又はタイムストレッチドパルスを使用する。

【0023】以下、遅延時間検出用信号としてホワイトノイズ又はタイムストレッチドパルスを使用した場合の遅延時間算出・設定部14の構成例について説明する。

(遅延時間算出・設定部の構成例1) 各バンドパスフィルタB P1～B Pnに信号が入力されてからリスニングポイントに音波が到達するまでの遅延時間は、各バンドパスフィルタB P1～B Pnへの入力信号とマイクロファン46の出力信号との相互関係を計算し、その最大値をとる時間を求めることによって算出することができ

る。

【0024】図2は、相互相関を利用して遅延時間を算出する場合の遅延時間算出・設定部14の構成を示す図である。この図2に示す遅延時間算出・設定部14は、相互相関演算部21、相互相関関数最大値／遅延時間検索部22、遅延時間設定部23により構成される。また、この遅延時間算出・設定部14と組み合わされる遅延時間測定用音源15からは、遅延時間測定用信号とし\*

$$R(m\tau) = \frac{1}{N-m} \sum_{n=1}^{N-m} h(n) g(n+m)$$

…(1)

【0027】ここで、 $h$ は遅延時間測定用音源13から遅延時間算出・設定部14に入力されるホワイトノイズを示し、 $g$ はマイクロフォン16から遅延時間算出・設定部14に入力される音検出信号を示し、 $N$ は相互相関演算部21に取り込む時間の長さを示し、 $\tau$ はサンプリング時間間隔を示す。図3(a), (b)は、相互相関演算による遅延時間の検出方法を示す模式図である。図3(a)に示すように、遅延時間測定用音源13から遅延時間算出・設定部14に入力される信号 $h$ と、マイクロフォン16から遅延時間算出・設定部14に入力される信号 $g$ との間には $m\tau$ の時間遅れがある。例えば、図3(b)に示すように、サンプリング時間 $\tau$ 毎に信号 $h$ 及び信号 $g$ をサンプリングしたとすると、 $g(n)$ の値を $h(n)$ に対し $m$ (但し、 $m$ は1~ $N-1$ )づつずらして $h(n)$ と $g(n+m)$ との積を計算し、(1)式の値が最大となるずれ量 $m$ を求ることにより、遅延時間 $m\tau$ を算出できる。なお、図3(b)の例では、 $m=2$ のときに(1)式の値が最大値をとる。

【0028】相互相関関数最大値／遅延時間検索部22は、相互相関演算部21によって(1)式の $m$ の値を順次変えて相互相関演算を行った結果に基づいて、相互相関 $R(m\tau)$ が最大となる $m$ の値を探索し、このときの $m\tau$ を遅延時間( $t_1, t_2, \dots, t_n$ )とする。遅延時間設定部23は、相互相関関数最大値／遅延時間検索部22によって求められた遅延時間 $t_1, t_2, \dots, t_n$ の中から最大値を抽出し、この最大値を基準として残※

$$H(k) = \begin{cases} \exp(jak^2) & k = 0, 1, \dots, N/2 \\ \exp\{-ja(N-k)^2\} & k = N/2 + 1, \dots, N-1 \end{cases} \quad \dots(2)$$

$$a(N/2)^2 = 2m\pi$$

【0033】ここで、 $m$ はタイムストレッチドバルス内で各周波数毎の位相をずらす度合いを示す係数であり、任意の整数值である。 $N$ はタイムストレッチドバルスの発生時間を規定する係数である。また、 $k$ は0から $N-1$ までの整数であり、 $a$ は $m$ と $N$ が決まれば(2)式に含まれる第3式によって定まる。例えば、 $m=0$ の場合には $a=0$ となるため、全ての $k$ について $H(k) = e^{-jap(0)} = 1$ となって、各周波数成分が分散せずに集

\*でホワイトノイズが出力される。

【0025】相互相関演算部21は、遅延時間測定用音源13から出力されるホワイトノイズと、マイクロフォン16から出力される音検出信号との間で相互相関演算を行う。この相互相関演算は、下記(1)式にしたがって行われる。

【0026】

【数1】

※りの遅延時間との差分を算出する。上述したように、遅延時間 $t_1$ が最大の場合には、残りの遅延時間は $t_1$ との差分により決定される。遅延時間設定部23は、この算出結果に基づいて、各遅延器TD1~TDnの遅延量を設定する。

【0029】(遅延時間算出・設定部の構成例2) 各バンドパスフィルタB P1~B Pnに信号が入力されてから対応する音がマイクロフォン16に到達するまでの遅延時間は、マイクロフォン16で検出されるインパルス応答が最大となる時間を測定することによって算出することもできる。

【0030】図4は、インパルス応答を利用して遅延時間を算出する場合の遅延時間算出・設定部14の構成を示す図である。この図4に示す遅延時間算出・設定部14は、アナログ/デジタル(A/D)変換器31、メモリ制御部32、メモリ33、平均化処理部34、畳み込み演算部35、インパルス応答最大値／遅延時間検索部36及び遅延時間設定部37により構成されている。また、この遅延時間算出・設定部14と組み合わされる遅延時間測定用音源13からは、タイムストレッチドバルス(時間引き延ばしパルス)が outputされる。

【0031】タイムストレッチドバルスは、その周波数特性 $H(k)$ が下記(2)式のように表わされる信号である。

【0032】

【数2】

$$k = 0, 1, \dots, N/2$$

$$k = N/2 + 1, \dots, N-1 \quad \dots(2)$$

中したインパルスとなる。

【0034】遅延時間測定用音源13から出力される実際のタイムストレッチドバルスは、上述した(2)式を逆フーリエ変換して得られる信号であり、その一例を図5に示す。図5に示すタイムストレッチドバルスは、 $N=256$ の場合であって、 $N$ 及び $m$ の値に応じた所定時間の間で各周波数成分が分散した信号となる。従って、 $N$ の値を大きく設定し、かつ、 $m$ の値を大きく設定する

ことにより、長時間にわたって各周波数成分のエネルギーを分散させることができるために、ノイズの影響を受け難くなるが、タイムストレッチドバルスの発生時間が長くなればなるほど遅延時間の測定に要する時間も長くなるため、発生時間があまり長くならない範囲で適切なN及びmの値を設定する必要がある。

【0035】A/D変換器31は、マイクロフォン16から出力される音検出信号に対して、所定の時間間隔で標本化及び量子化を行って、所定ビット数のデータを出力する。メモリ制御部32は、所定の時間間隔でA/D変換器31から出力されるデータを順次メモリ33に格納する。タイムストレッチドバルスが1回出力されると、このタイムストレッチドバルスに対する応答としてマイクロフォン16から出力されるアナログ信号波形がA/D変換器31によってデジタル波形データ（以下、\*

$$q(n) = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L q_i(n)$$

【0038】平均化処理部34は、この（3）式にしたがって、L個のタイムストレッチドバルス応答データの平均化処理を行う。これにより、突発的なノイズの影響を除去した応答データが得られる。畳み込み演算部35は、（3）式で計算された平均化したタイムストレッチドバルス応答データq(n)に、タイムストレッチドバルスp(n)を時間軸上で反転させたデータp(-n)を畳み込み演算する。図6は、タイムストレッチドバルスを時間軸上で反転させた信号を示す図であり、図5に示すN=256に対応するタイムストレッチドバルスを※

$$h(n) = \sum_{k=0}^{N-1} q(k) \cdot p(n-k)$$

【0041】この（4）式にしたがって、タイムストレッチドバルス応答信号と、元のタイムストレッチドバルスを時間軸上で反転した信号との畳み込み演算することによりインパルス応答が得られる。インパルス応答最大値／遅延時間検索部36は、畳み込み演算部35による演算結果が入力されており、インパルス応答が最大となる演算結果を検索することにより、各周波数帯域での遅延時間t1, t2, …, tnを算出する。

【0042】遅延時間設定部37は、インパルス応答最大値／遅延時間検索部36によって算出された遅延時間t1, t2, …, tnに基づいて、遅延器TD1～TDnの各遅延量を設定する。

（遅延時間算出・設定部の構成例3）上述したように、各バンドパスフィルタBP1～BPnに信号が入力されてからこれに対応する音波がマイクロフォン16に到達するまでの遅延時間は、マイクロフォン16で検出されるインパルス応答が最大となる時間を測定することによって算出することができるが、このインパルス応答が最大となる時間の測定に適応フィルタを用いることができ

\* 「タイムストレッチドバルス応答データ」という）に変換され、メモリ33の所定領域に格納される。メモリ33には、このような格納領域がL個分確保されており、遅延時間測定用音源13からL個のタイムストレッチドバルスが繰り返し出力されたときに、それぞれに対応するタイムストレッチドバルス応答データが上述したL個の格納領域にそれぞれ格納される。

【0036】平均化処理部34は、メモリ33に格納されているL個のタイムストレッチドバルス応答データの10平均化処理を行う。i個目の応答データをqi(n)とすると、平均化された応答データq(n)は下記（3）式により計算される。

【0037】

【数3】

…(3)

※反転した波形が示されている。なお、実際に畳み込み演算部35で用いられるデータp(-n)は、図6に示した信号波形をデジタル波形データに変換したものであり、その標本化間隔はA/D変換器31における標本化間隔と同じである。

【0039】畳み込み演算部35における畳み込み演算は、下記（4）式に基づいて行われる。

【0040】

【数4】

…(4)

る。

【0043】図7は、適応フィルタによってインパルス応答を求めて遅延時間を算出する場合の遅延時間算出・設定部14の構成を示す図である。この図7に示す遅延時間算出設定部14は、適応フィルタ41、LMS（Least Mean Square）アルゴリズム処理部42、加算器43、フィルタ係数最大値／遅延時間検索部44、遅延時間設定部45により構成されている。また、この遅延時間算出・設定部14と組み合わされる遅延時間測定用音源13からは、遅延時間測定用信号としてホワイトノイズが出力される。

【0044】適応フィルタ41は、FIR（Finite Impulse Response）型のデジタルフィルタ構成を有しており、LMSアルゴリズム処理部42によって設定されたタップ係数ベクトル（フィルタ係数）Wを用いて、遅延時間測定用音源13から入力されるホワイトノイズに対して所定のFIRフィルタ処理を行う。ところで、LMSアルゴリズム処理部42は、加算器43によって音検出信号から適応フィルタ41の出力信号を減算して求め

た誤差信号  $e$  のパワーが最小となるように適応フィルタ41のフィルタ係数Wを制御する。従って、マイクロフォン16の出力信号と適応フィルタ41の出力信号とはほぼ同じものとなって、適応フィルタ41のフィルタ係数Wがマイクロフォン16で検出するインパルス応答とほぼ同じ特性を有することになる。

【0045】フィルタ係数最大値／遅延時間検索部44は、適応フィルタ41のフィルタ係数Wの各要素の中で最大値をとる時間を検索することにより、インパルス応答の最大値をとる時間、すなわちバンドパスフィルタBP1～BPnに信号が入力されてから対応する音波がマイクロフォン16に到達するまでの時間  $t_1, t_2, \dots, t_n$  を算出する。

【0046】遅延時間設定部45は、フィルタ係数最大値／遅延時間検索部44によって算出された遅延時間  $t_1, t_2, \dots, t_n$  に基づいて、遅延器TD1～TDnの各遅延量を設定する。

(第2の実施の形態) 図8は本発明の第2の実施の形態のグラフィックイコライザーを示すブロック図である。なお、図8において、図1と同一物には同一符号を付してその詳しい説明は省略する。

【0047】本実施の形態においては、第1の実施の形態と異なって、バンドパスフィルタBP1～BPnと加算器12との間に増幅器が設けられていない。また、加算器12の後段に、イコライザ一部17が設けられている。イコライザ一部17は、全帯域通過フィルタの一部の周波数帯域にピーク又はディップを設けた複数のフィルタをシリアルに接続して構成されている。この場合、バンドパスフィルタBP1～BPnの特性とは別に、イコライザ一部17内の各フィルタにより周波数特性を調整することができる。

【0048】本実施の形態においても、第1の実施の形態と同様に、遅延器TD1～TDnの遅延量を設定するときには、切換えスイッチSW0, SW1～SWnを制御して遅延時間測定用音源13から出力される遅延時間測定用信号をバンドパスフィルタBP1～BPnに順次入力し、各バンドパスフィルタBP1～BPnの通過周波数帯域毎に遅延時間を測定する。そして、その結果に基づいて、各遅延器TD1～TDnの遅延量を設定する。本実施の形態においても、第1の実施の形態と同様の効果が得られる。

【0049】なお、上述した第1及び第2の実施の形態においては、遅延器TD1～TDnの遅延量を遅延時間算出・設定部14により自動的に設定する場合について

説明したが、各遅延器TD1～TDnの遅延量を手動でも調整することができるようにもよい。

#### 【0050】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のグラフィックイコライザーによれば、遅延時間測定用音源から出力された遅延時間測定用信号を複数のバンドパスフィルタに順次入力し、スピーカーから出力された音を音検出手段で検出して、遅延時間設定手段により各周波数帯域毎の遅延時間を測定し、その結果に応じて各遅延器の信号遅延量を設定する。これにより、周波数帯域毎に異なる遅延時間が補正され、スピーカーから出力された音がリスニングポイントに到達するときには各周波数帯域毎の位相が同じになり、濁りのない高品質な音が再生される。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態のグラフィックイコライザーを示すブロック図である。

【図2】相互関を利用して遅延時間を算出する場合の遅延時間算出・設定部の構成を示す図である。

【図3】相互関演算による遅延時間の検出方法を示す模式図である。

【図4】インパルス応答を利用して遅延時間を算出する場合の遅延時間算出・設定部の構成を示す図である。

【図5】タイムストレッチドパルスの一例を示す図である。

【図6】タイムストレッチドパルスを時間軸上で反転させた信号を示す図である。

【図7】適応フィルタによってインパルス応答を求めて遅延時間を算出する場合の遅延時間算出・設定部の構成を示す図である。

【図8】本発明の第2の実施の形態のグラフィックイコライザーを示すブロック図である。

#### 【符号の説明】

11 入力端子、

12 加算器、

13 遅延時間測定用音源、

14 遅延時間算出・設定部、

15 スピーカー、

16 マイクロフォン、

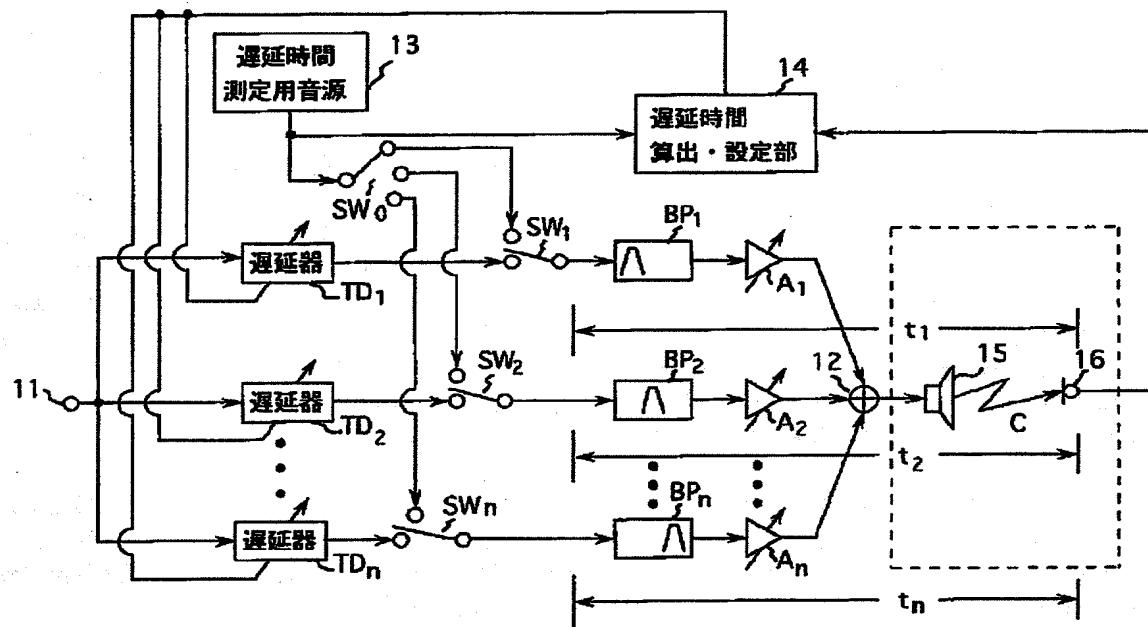
17 イコライザ一部、

TD1～TDn 遅延器、

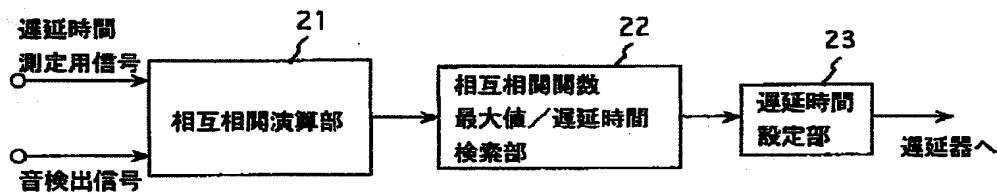
BP1～BPn バンドパスフィルタ、

A1～An 増幅器。

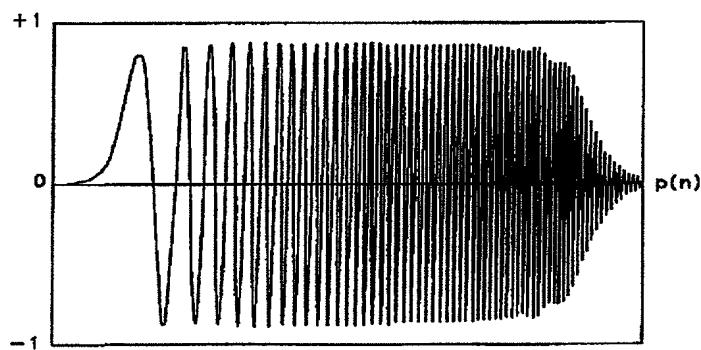
【図1】



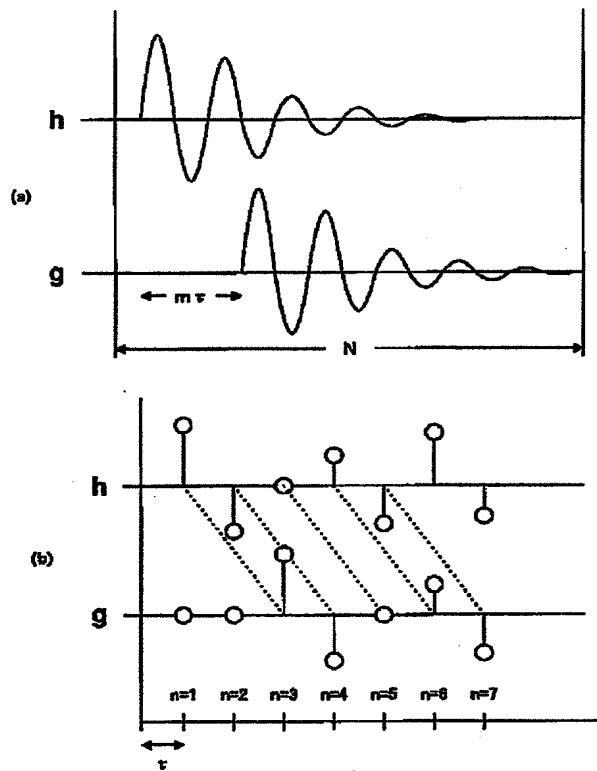
【図2】



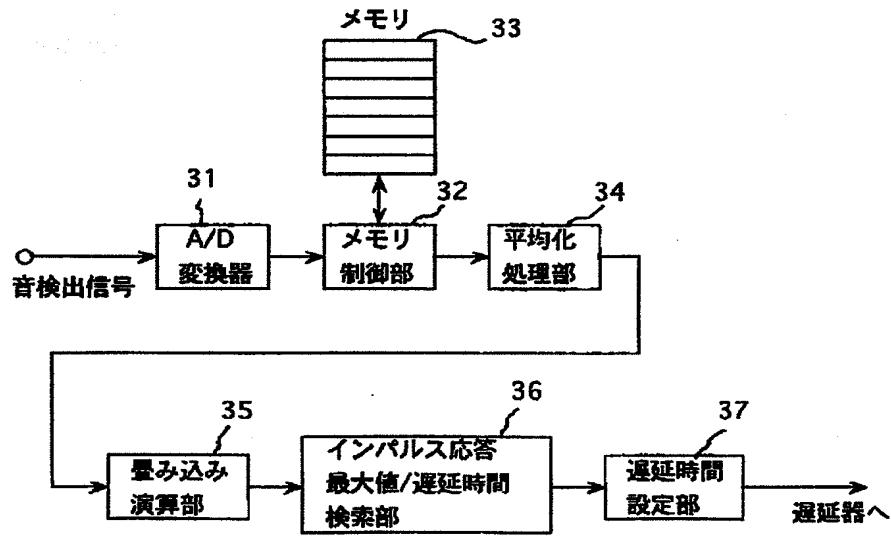
【図5】



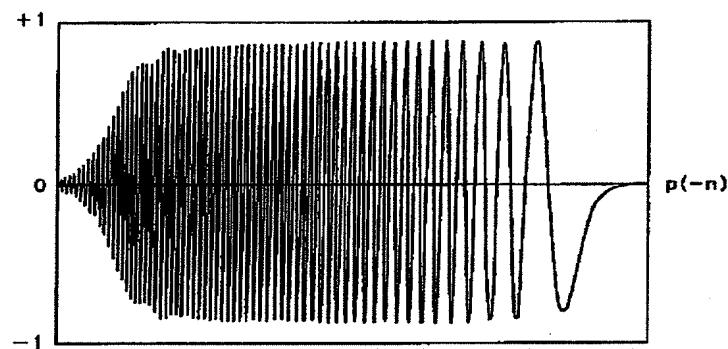
【図3】



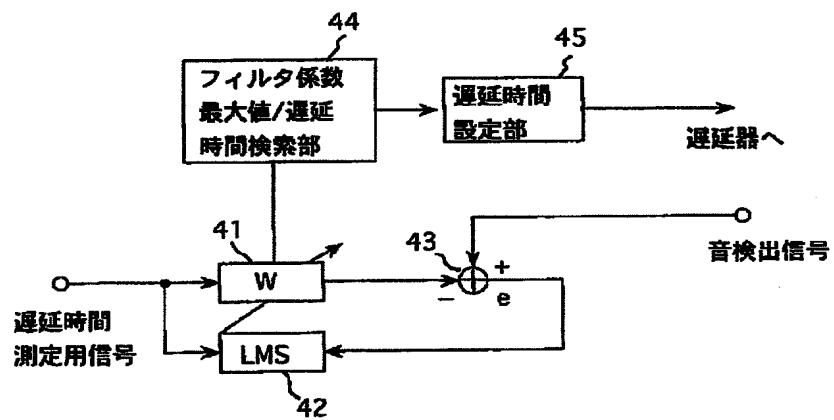
【図4】



【図6】



【図7】



【図8】

